

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

ZAVRŠNI RAD

Petar Starčević

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: tehničko-tehnološki

ZAVRŠNI RAD

PRINCIPI I NAČINI IZOŠTRAVANJA KOD DSLR
FOTOAPARATA

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Maja Strgar Kurečić

Student:

Petar Starčević

Zagreb, 2017.

SAŽETAK

Cilj ovog rada je obraditi, analizirati i prikazati mogućnosti izoštravanja kod DSLR fotoaparata. Kod današnjih fotoaparata tehnologija izoštravanja je vrlo razvijena i kompleksna, a u samom radu bit će opisana svaka pojedina metoda izoštravanja koja postoji na DSLR fotoaparatima.

Bit će opisane sve karakteristike automatskog i ručnog izoštravanja te tehnologije koje se koriste kako bi se izoštravanje uspješno ostvarilo. Također će biti riječi o samoj mehanici izoštravanja te o komunikaciji tijela fotoaparata s objektivom fotoaparata kako bi se ostvarilo precizno izoštravanje.

Kod automatskog izoštravanja opisat će se metoda aktivnog automatskog izoštravanja, pasivnog automatskog izoštravanja koje radi pomoću sustava detekcije kontrasta i sustava detekcije faze. Kako funkcioniraju, koje su im prednosti i mane te koja se metoda koristi u kojoj situaciji.

Govorit će se o metodama i problemima automatskog izoštravanja te o novim tehnologijama. U eksperimentalnom dijelu usporedit ćemo brzine izoštravanja kod dva različita tijela fotoaparata s različitim objektivima.

Ključne riječi: detekcija faze, detekcija kontrasta, automatsko izoštravanje, ručno izoštravanje, pasivni autofokus, aktivni autofokus, objektiv, tijelo fotoaparata

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. ŠTO JE DSLR FOTOAPARAT	2
2.1.1. Tijelo fotoaparata.....	3
2.1.2. Objektiv	3
2.1.2.1. Konstrukcija objektiva	4
2.1.2.2. Fiksni i zoom objektiv	4
2.1.2.3. Problemi kod objektiva	6
2.2. IZOŠTRAVANJE	7
2.2.1. Mehanika izoštravanja u sustavu leća objektiva.....	8
2.2.2. Načini izoštravanja	9
2.3. MANUALNO (RUČNO) IZOŠTRAVANJE	9
2.4. AUTOMATSKO IZOŠTRAVANJE (AUTOFOKUS)	11
2.4.1. Aktivni autofokus	12
2.4.2. Pasivni autofokus	13
2.4.2.1. Detekcija faze	13
2.4.2.2. Detekcija kontrasta	18
2.4.2.3. Hibridni sustavi.....	21
2.4.3. Točke izoštravanja u fotoaparatu	22
2.5. METODE AUTOMATSKOG NAČINA IZOŠTRAVANJA	24
2.5.1. One Shot AF.....	25
2.5.2. AI servo.....	25
2.6. PROBLEMI I MANE AUTOMATSKOG I RUČNOG IZOŠTRAVANJA.....	25
2.6.1. Nedostatci ručnog (manualnog) izoštravanja	26
2.6.2. Prednosti manualnog izoštravanja nad automatskim	26
2.7. NOVE TEHNOLOGIJE IZOŠTRAVANJA	28
2.7.1. Dual Pixel autofokus.....	28
2.7.2. Mikrofokus podešavanje (Microfocus adjustments)	30
2.7.3. Slaganje slika različitog fokusa u jednu sliku (Focus stacking)	31
3. EKSPERIMENTALNI DIO	32
3.1. MJERENJE BRZINE IZOŠTRAVANJA KOD RAZLIČITIH KOMBINACIJA TIJELA I OBJEKTIVA	32
4. ZAKLJUČAK	36
5. LITERATURA.....	37

1.UVOD

Izoštavanje je jedna od glavnih karakteristika fotoaparata. Svaka fotografija koja je namijenjena gledatelju mora biti oštra, a to znači da je subjekt jasno vidljiv te da su rubne crte subjekta kojeg snimamo oštre i jasne. Izoštavanje se postiže pomicanjem leća unutar objektivu fotoaparata, bilo to ručno ili automatski.

Velika većina današnjih DSLR fotoaparata ima opciju ručnog ili automatskog odabira izoštravanja. Ako odaberemo ručno izoštravanje, fotoaparat prepušta sve postavke izoštravanja korisniku te mu daje potpunu kontrolu nad sustavom pomicanja stakla unutar objektivu fotoaparata.. Ako pak odaberemo metodu automatskog izoštravanja, fotoaparat sam pomiče staklo unutar objektivu prema mjerenjima ostvarenim preko raznih sustava za mjerenje udaljenosti subjekta od senzora fotoaparata.

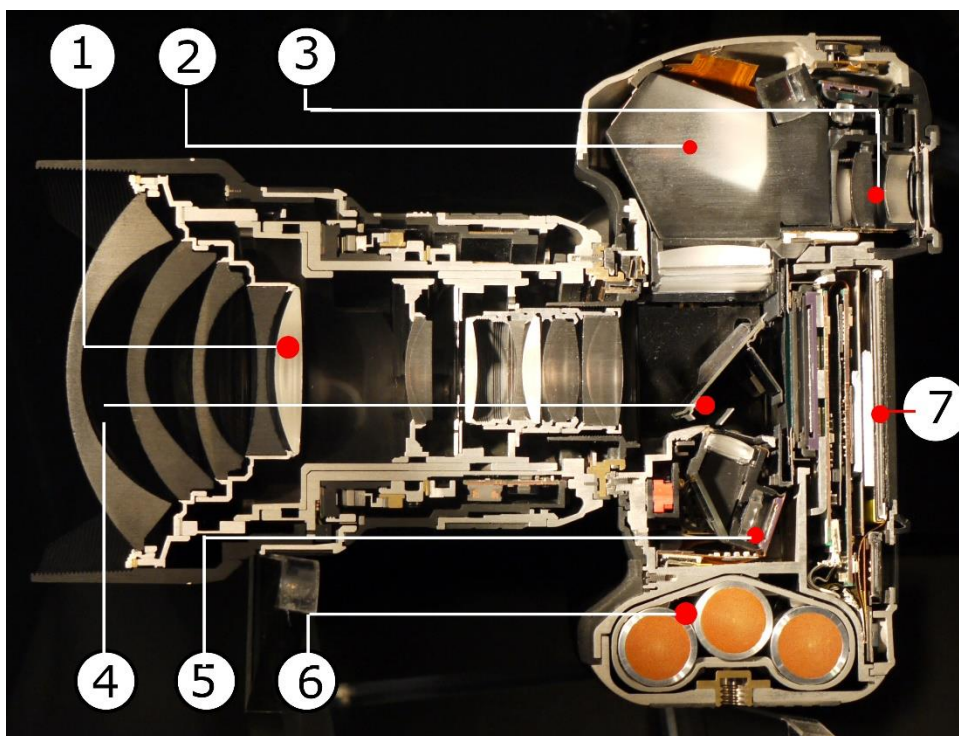
Sustavi automatskog izoštravanja brzo se razvijaju te svakih nekoliko godina na tržište dolaze nove i poboljšane tehnologije. Do prije nekoliko desetljeća izoštravanje u fotografiji bilo je limitirano na ručno izoštravanje, što je ostavljalo veliki prostor za pogrešku kod izoštravanja. Također na konvencionalnim film SLR fotoaparatima također nije bilo moguće odmah vidjeti sliku, no danas je taj problem riješen LCD ekranom na stražnjem dijelu fotoaparata. LCD ekran omogućuje nam da odmah provjerimo je li slika oštra ili ne te eventualno popravimo greške koje smo napravili.

Sustavi automatskog izoštravanja otvaraju veliki prostor za kreativnost fotografa, jer danas fotograf ne mora paziti na toliko tehničkih detalja kao prije, što mu omogućuje veću kreativnu slobodu.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. ŠTO JE DSLR FOTOAPARAT

Tržište fotoaparata zadnjih nekoliko godina zasula je ogromna količina DSLR fotoaparata (Slika 1), a kratica označava digitalne single-lens reflex fotoaparate (refleksija jedne leće). DSLR fotoaparati funkcioniraju tako da svjetlost koja dolazi do fotoaparata prolazi kroz objektiv (1) te dolazi do zrcala (4). Zrcalo se tijekom ekspozicije podigne te omogući da svjetlost koja upada u fotoaparat osvijetli senzor (7) i tako stvori digitalni zapis fotografije koji se potom preko međuspremnika sprema na SD karticu, za razliku od analognih fotoaparata gdje se svjetlost zapisuje na film. Razlog tržišne dominacije digitalnih SLR fotoaparata je njihova praktičnost, ergonomičnost, brzina zapisa, mogućnost snimanja videozapisa, mogućnost ogromne pohrane podataka na SD karticama te možda najveći razlog - mogućnost primjene fotoaparata u različite svrhe. [1]



Slika 1: Prikaz fotoaparata i njegovih dijelova

Dijelovi fotoaparata na slici iznad su sljedeći:

- 1) Objektiv fotoaparata
- 2) Pentaprizma koja skreće svjetlost do tražila
- 3) Tražilo
- 4) Polupropusno sivo zrcalo
- 5) CCD čip – sustav automatskog izoštravanja detekcije faze
- 6) Baterija
- 7) Senzor

2.1.1. Tijelo fotoaparata

Tijelo fotoaparata još nazivamo i mozgom fotoaparata. U njemu se događaju sve operacije vezane za zapis fotografije. Tijelo DSLR fotoaparata se sastoji od nekoliko glavnih dijelova: senzora, procesora, zrcala, tražila i LCD ekrana, pentaprizme, baterije te mjesta za pohranu podataka gdje stavljamo neku od podržanih kartica. Današnjim tržištem tijela fotoaparata dominiraju Canon, Nikon, Panasonic, Sony, Fuji, Olympus. Osim DSLR fotoaparata, potrebno je spomenuti još i takozvane mirrorless fotoaparate, a oni se od DSLR-a razlikuju po tome što nemaju zrcalo koje reflektira svjetlost do tražila. Izbacivanje zrcala omogućilo je izradu manjeg, kompaktnijeg i lakšeg fotoaparata koji se po karakteristikama malo razlikuju od DSLR fotoaparata, no daju jednake rezultate, a u zadnjih par godina čak i malo bolje sveukupne rezultate nego DSLR fotoaparati.

2.1.2. Objektiv

Objektiv fotoaparata se po svom sastavu ne razlikuje bitno od mikroskopa ili teleskopa. Objektiv fotoaparata je leća ili optički sustav leća koji zajedno s tijelom fotoaparata formiraju fotografiju. Objektiv je odgovoran za propuštanje svjetlosti u fotoaparat, smanjenje ili povećanje dubinske oštine, oštrinu

fotografije te kvalitetu fotografije. Kod DSLR fotoaparata nemamo jedan fiksni objektiv na tijelu već možemo mjenjati objektivne ovisno o tome kakav efekt želimo postići i u kojoj se situaciji nalazimo. Upravo ta mogućnost zamjene objektivna omogućilo je DSLR fotoaparatima da imaju veliku primjenu u svim vrstama fotografije. Glavne, ali ne i jedine karakteristike objektivna su žarišna daljina, maksimalan i minimalan otvor blende, oštrina fotografije koju možemo postići, kakvoća izrade te materijal od kojeg je objektiv izrađen. Od glavnih današnjih proizvođača objektivna imamo Nikon, Sigmu, Tamron, Canon, Sony, Fuji te razne druge. Dobra kombinacija objektivna i tijela fotoparata dat će puno brži i precizniji autofokus, što će se prikazati u eksperimentalnom dijelu. [3]

2.1.2.1. Konstrukcija objektivna

Zbog velikih zahtjeva današnjeg tržišta i velike konkurencije, objektivni moraju biti savršeno konstruirani, što optički to elektronički zbog komunikacije s kamerom. Proces izrade je vrlo kompliciran i dugotrajan te je zbog toga cijena današnjih vrhunskih objektivna izrazito velika. Objektiv je konstruiran od više raznih dijelova, a neki od tih dijelova su: leće i stakla, metalno ili plastično kućište, mehanizam otvaranja i zatvaranja blende, mehanizam autofokusa i mehanizam zooma, ako se radi o zoom objektivu. [4]

2.1.2.2. Fiksni i zoom objektivni

Osnovna karakteristika objektivna osim maksimalnog otvora blende koji nam govori o tome koliko svjetlosti objektiv propušta je također i njegova mogućnost zumiranja. Sve objektivne možemo podijeliti na dvije glavne skupine, a to su fiksni (prime) objektivni te objektivni s mogućnošću mijenjanja žarišne daljine (zoom objektivni) (Slika 2.). Zoom objektivni imaju još detaljniju podjelu, no ona nam nije suviše bitna za shvaćanje ove teme. Ovisno o situaciji u kojoj se nalazimo, koristit ćemo ili jednu ili drugu skupinu objektivna. Fiksni objektivni imaju nekoliko prednosti u odnosu na zoom objektivne, a neke od tih prednosti

su lakša konstrukcija, manja cijena izrade, manja masa, veći mogući maksimalan otvor blende, oštřija fotografija (u većini slučajeva), veća brzina autofokusa te manja mogućnost pogreški objektiva kao što su kromatska aberacija, distorzija i slično.

Neke od prednosti zoom objektiva su, već nam ime govori, mogućnost zooma. Umjesto da sa sobom nosimo 3-4 objektiva različite žarišne udaljenosti, sa zoom objektivom možemo pokriti sve te žarišne udaljenosti te ne moramo mijenjati objektiv svaki put kad želimo drugu žarišnu udaljenost. Kad gledamo s drugog stajališta, zoom objektiv su možda u globalu i jeftiniji nego fiksni objektiv. Primjer: Želimo fotografirati više raznih motiva među kojima su sport, pejzaž, arhitektura i portret. Kako bi dobili kvalitetne rezultate moramo pokriti sve žarišne daljine koje nam zahtjevaju ovakvu vrstu fotografije, a to znači kupovina više fiksnih ili jednog zoom objektiva. Ukupna cijena fiksnih objektiva može (i vrlo vjerojatno hoće) nadmašiti cijenu jednog zoom objektiva. [5]



Slika 2: Objektiv sa fiksnom žarišnom daljinom (lijevo) te zoom objektiv (desno)(Izvor: <https://cdn.photographylife.com/wp-content/uploads/2012/11/Prime-vs.-Zoom-Lenses.jpg>)

2.1.2.3. Problemi kod objektiva

Problemi kod objektiva mogu biti prisutni iz raznih razloga. Neke objektivne je jednostavno nemoguće proizvesti zbog nemogućnosti tehnologije ili zbog fizikalnih svojstava koje bi taj objektiv imao. Jedan od problema objektiva je masa. Ako imamo objektiv sa većom žarišnom daljinom i većim otvorom blende, imat ćemo imati više stakla u samom objektivu što će znatno utjecati na masu objektiva. Objašnjenje toga leži u formuli $N=f/D$ pri čemu je N oznaka za maksimalan otvor blende, f je žarišna daljina objektiva, a D je promjer prednjeg elementa leće. Dakle, ako na 50mm objektivu fiksne žarišne daljine želimo postići otvor blende $f/1$, prednji element mora imati promjer od 50mm. Što je veći taj prednji element, to je veća mogućnost greški prilikom proizvodnje. Dakle što više svjetla neki objektiv propušta, to će on biti veći i tromiji za uporabu (Slika 3). Isto tako, što su veći elementi unutar objektiva, to je automatsko izoštravanje sporije jer leća mora prijeći veći put unutar objektiva. Neki su proizvođači problemu tromog fokusiranja nastalog zbog mase objektiva doskočili tako da su ograničili fokus za pojedinu udaljenost subjekta kojeg fotografiramo. Tako možemo limitirati staklo da se kreće kroz cijeli prostor na samo jedan dio prostora, ovisno o tome koliko je udaljeno nešto što ćemo izoštravati. Primjer za takav objektiv je Tamron 70-200mm f/2.8 G2 (Slika 4.) koji ima 3 načina za autofokus koje koristimo ovisno o tome što fotografiramo.



Slika 3: Usporedba objektiva iste žarišne daljine s maksimalnim otvorom blende f4 (lijevo) i f2.8 (desno) (Izvor: http://dancarrphotography.com/blog/wp-content/uploads/2010/07/100419_9104_dancarr.jpg)



Slika 4: Tamron 70-200mm objektiv sa 3 sustava za autofokus, prekidačem za promjenu sa automatskog na manualni fokus te prekidačen za kompenzaciju vibracija

(Izvor : https://www.google.hr/search?q=tamron+70-200mm+f/2.8+g2&rlz=1C1CHBF_hrHR702HR702&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiAyIixwf7TAhXCuRQKHdtLAOwQ_AUICigB&biw=1366&bih=638#tbm=isch&q=tamron+70-200mm+f/2.8+g2+3+focusing+&imgsrc=Q8MfGCh7B_RyVM)

2.2 IZOŠTRAVANJE

Sad kad je objašnjeno kako funkcionira kamera te su spomenuti mogući problemi koje mogu nastati kod objektiva, vrijeme je da konačno nešto kažemo o samom procesu izoštravanja.

Izoštravanje je proces pomicanja jedne leće ili grupe leća dalje ili bliže senzoru fotoaparata, čime zakrivljujemo iliti usmjeravamo svjetlost koja

pada na subjekt kojeg fotografiramo. Dakle izoštravanje je fizički proces pomicanja stakla u objektivu fotoaparata. Kako bi pobliže objasnili izoštravanje, možemo uzeti primjer lupe (povećala) kojeg približavamo ili udaljavamo od gorive tvari koju želimo zapaliti (Slika 5). Sve što radimo s približavanjem ili udaljavanjem je sakupljanje fotona svjetla u jednu točku. [6]



Slika 5: Fokusranje svjetla lupom

(Izvor: <https://www.bhphotovideo.com/explora/photography/tips-and-solutions/how-focus-works>)

2.2.1 Mehanika izoštravanja u sustavu leća objektiva

Kao što je već rečeno, izoštravanje je proces pomicanja leće u objektivu fotoaparata. Kako bi pokrenuli staklo koje vrši autofokus treba nam motor. Današnji najčešći korišten motor je takozvani USM (Ultra sonic motor) (Slika 6). Patent je razvila tvrtka Canon 1980-ih godina, ubacivajući u nove objektivne USM motor umjesto starog, puno glasnijeg i sporijeg mikro motora. Ubrzo su ih pratile mnoge druge tvrtke, a danas svaki veći proizvođač objektiva ima razvijenu svoju tehnologiju USM motora pod drugim imenom. [9]



Slika 6: Ultra sonic motor (Izvor:

<https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1em95JXXXXXXlXFXq6xXFXXC/NEW-font-b-LENS-b-font-Focus-Motor-For-Nikon-18-55mm-18-105mm-18-135mm.jpg>)

Kako bi sustav funkcionirao, mora biti precizan, brz i tih te mora imati odličnu „komunikaciju“ s tijelom kamere.

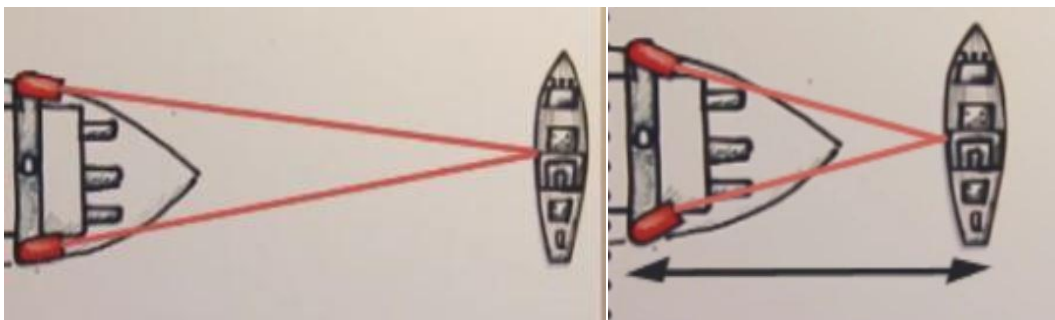
2.2.2. Načini izoštravanja

Neki fotoaparati i leće mogu fokusirati samo ručno (manualno), što znači da čovjek sam mora prstima pomicati prsten koji pokreće staklo kako bi fotografiju doveo u fokus. Većina današnjih objektivna i kamera imaju automatski sustav fokusiranja, no kako bi objasnili kako automatski fokus radi, prvo moramo shvatiti kako radi manualni fokus.

2.3 MANUALNO (RUČNO) IZOŠTRAVANJE

Fotoaparat je mehanizam sličan ljudskom oku. Svjetlo koje dolazi od točke na subjektu fokusira se u jednu točku na retini, ili ako je riječ o kameri, na senzor ili film fotoaparata. Ako se subjekt odmakne od nas, naše oko se deformira i tako skreće sliku do retine, no kako se staklo ne može deformirati, moramo ga pomicati. Prije mnogo godina, sustav fokusiranja je djelovao tako da bi fotograf uputio svog

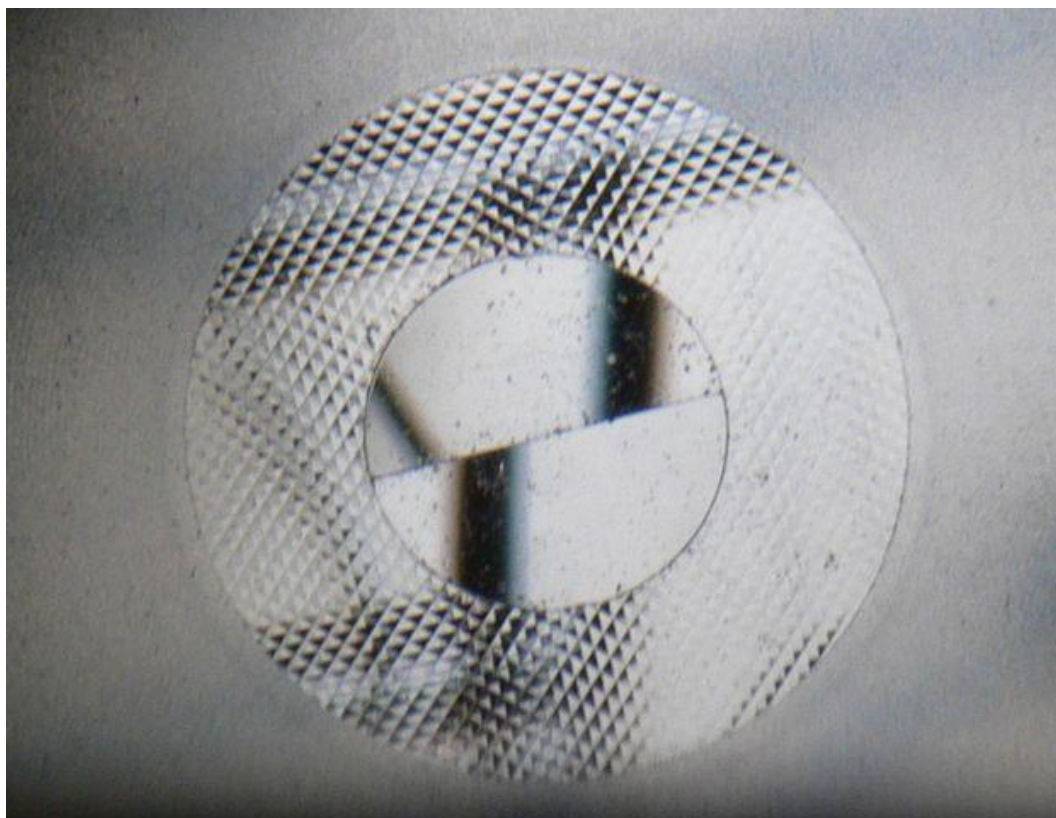
asistenta do subjekta fotografiranja koji bi izmjerio udaljenost između medija u kameri i subjekta. Tada bi fotograf pomaknuo leću prema prikupljenim mjerama te doveo fotografiju u fokus. Puno preciznija metoda došla je od borbenih brodova tijekom ranog dvadesetog stoljeća. Da bi pogodili neprijateljski brod, trebamo znati koliko daleko ciljati. Zato su borbeni brodovi imali periskope razmaknute otprilike 10 metara od kojih bi oba proizvela sliku neprijateljskog broda. Ako je brod daleko, oba periskopa bi bila usmjerena direktno naprijed (Slika 7). No ako bi bio blizu periskopa bi trebali biti pomaknuti unutra kako bismo mogli vidjeti metu (Slika 8). Koliko su morali biti usmjereni prema unutra dalo nam je informaciju o distanci neprijateljskog broda i tako bi znali koliko daleko ciljati.



Slike 7 (lijevo) i 8 (desno) prikazi su usmjerenja periskopa na brodu

(Izvor: Screenshot iz: <https://www.youtube.com/watch?v=jsDJ8g2qx5k>)

Isti ovaj princip se primjenjuje i u fotoaparatima. Naime, u fotoaparatu postoje dva zrcala kojima orijentaciju možemo mijenjati zakrećući prsten za fokus. Prikaz slike preko tražila nam omogućava da vidimo kad se slike sa 2 različita zrcala poravnaju. U slučaju da ta dva zrcala nisu poravnana, fotografija nam neće biti u fokusu (Slika 9). Ako se poravnaju, bit će u fokusu. [8]



Slika 9: Prikaz dva neporavnata zrcala –rezultat: subjekt nije fokusiran

(Izvor: <https://i.stack.imgur.com/lrYYJ.jpg>)

2.4 AUTOMATSKO IZOŠTRAVANJE (AUTOFOKUS)

Mogućnost automatskog izoštravanja je mogućnost koju posjeduje svaki novi fotoaparatus. Ova funkcija olakšava posao fotografima u većini slučajeva te otvara prostor za nove mogućnosti. Autofokus može raditi na više načina, no svi sustavi imaju jednu zajedničku stvar, a to je da mikromotor u objektivu pokreće stakla prema uputama koje dođu iz tijela fotoaparata. Danas postoji više metoda autofokusa, od kojih se neki koriste više, neki manje, ovisno o vrsti kamere u kojima se nalaze.

2.4.1 Aktivni autofokus

1986. tvrtka zvana „Polaroid“ koristila je oblik navigacije zvukom, tzv. SONAR , kojeg su do tada koristile podmornice. Na taj princip su radili tadašnji radari. Kod fotoaparata zvučni val bi se odbio od subjekta te došao do kamere. U kameri se tad računalo vrijeme koje je bilo potrebno valu da dođe natrag do kamere te se prema tim podacima pomicao fokus. Današnji aktivni autofokus koristi infracrveni signal umjesto zvučnog vala te je izvrstan za fokusiranje subjekata udaljenih 6 metara od kamere. Infracrveni sustavi koriste više tehnika kako bi procijenili distancu, a neke od tih tehnika su:

- Triangulacija
- Količina svjetla reflektiranog od subjekt
- Vrijeme za koje reflektirana zraka dođe natrag do senzora

Ovaj patent opisuje sustav koji reflektira infracrveni puls svjetlosti od subjekta te mjeri intenzitet reflektirane svjetlosti kako bi procijenio distancu. Infracrveni sustav je aktivan sustav zbog toga što uvijek šalje nevidljivu infracrvenu svjetlost. Dakle, subjekt reflektira nevidljivu infracrvenu svjetlost natrag do kamere te kamerin mikroprocesor računa vremensku razliku između slanja infracrvenog pulsa i vraćanja infracrvenog pulsa. Koristeći ovu razliku vremena, mikroprocesor govori motoru fokusa u kojem smjeru da pomakne staklo i koliko daleko da ga pomakne. Proces fokusiranja se ponavlja iznova sve dok korisnik kamere ne pritisne okidač do pola. Tada se fokus zaključava na jedno mjesto.

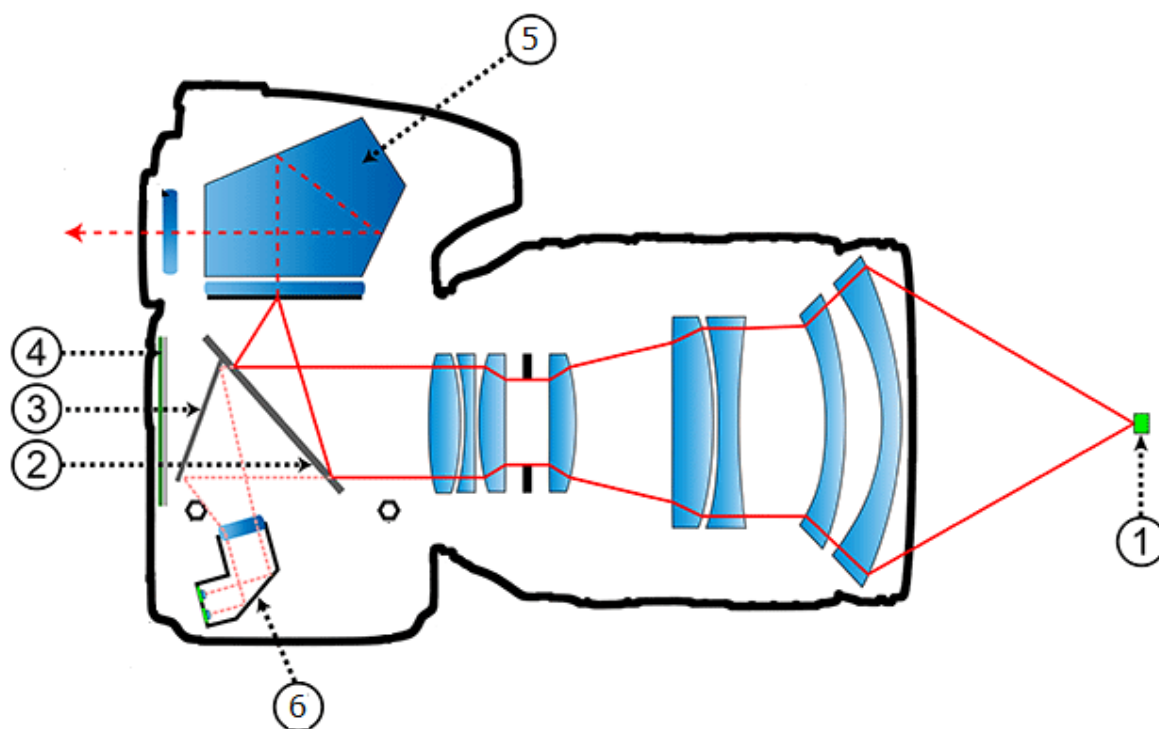
Jedina razlika između ovog sustava i sustava sa ultrazvučnim valovima je brzina vala. Ultrazvučni valovi se kreću stotinama kilometara na sat, dok se infracrveni valovi kreću mnogo brže. Jedna prednost aktivnog autofokusa nad pasivnim je to što radi odlično u niskim svjetlosnim uvjetima, pod uvjetom da ništa ne interferira s infracrvenim valovima (npr. svjetlost svijeće ili apsorbirajuća podloga). Ovakav sustav koristi se najčešće u fotoaparatom na mobitelima.

2.4.2 Pasivni autofokus

Pasivni autofokus je metoda koju uglavnom danas koriste DSLR fotoaparati. Princip na koji funkcionira pasivni autofokus vrlo je jednostavan. Pasivni sustavi dolaze u više oblika, ali svi djeluju tako da analiziraju sliku. Jednom kada je slika projektirana na jedan ili više senzora sustav podešava fokus s obzirom na sliku te ju dovode u fokus. Pasivan autofokus može biti postignut takozvanom detekcijom faze te mjerenjem kontrasta. U nekim pasivnim autofokus sustavima kamera može pružiti dodatno osvjetljenje tijekom fokusiranja, što zovemo pomoćno svjetlo autofokusa. Ovo je vrlo korisno kada je scena mračna. U ostalim sustavima kamera može projektirati mrežu ili teksturu na scenu kako bi pomogla pri analizi. Ovo je korisno kada fokusiramo na površine bez tekstura. [11]

2.4.2.1 Detekcija faze

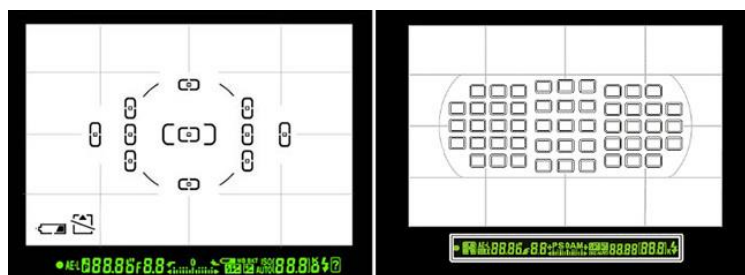
Ova metoda koju autofokus koristi kako bi izoštrio sliku zasniva se na principu dijeljenja svjetla koje prolazi kroz leću. Svjetlost se podijeli u parove te se onda uspoređuje. Sustav koristi ogledalo kako bi usmjerio zrake svjetlosti na senzor koji se nalazi pri dnu fotoaparata (Slika 10). To ogledalce je polusrebrno, kako bi odbilo dio svjetlosti kroz pentaprizmu na tražilo, a dio propustilo na čipove za autofokus. Zatim dvije mikroleće hvataju zrake svjetla koje dolaze sa suprotnih strana objektiva i usmjeravaju ih na senzore koji se sastoje od jednog reda piksela te dolaze u parovima. Svaki par ima barem jednu autofokus točku koja gleda na jedan dio kadra. Moderni DSLR fotoaparati imaju desetke autofokus točki (Slika 11), što znači da se senzor za autofokus sastoji od više pločica sastavljenih u jedan čip.



Slika 10: Upad zraka svjetlosti na AF senzor

(Izvor: <https://cdn.photographylife.com/wp-content/uploads/2012/07/How-Phase-Detection-Autofocus-Works.png>)

- 1) Subjekt od kojeg se svjetlost reflektira
- 2) Srebreno polupropusno polurefektivno staklo
- 3) Sekundarno staklo, poznato kao „podstaklo“
- 4) Senzor
- 5) Pentaprizma
- 6) Autofokus senzor

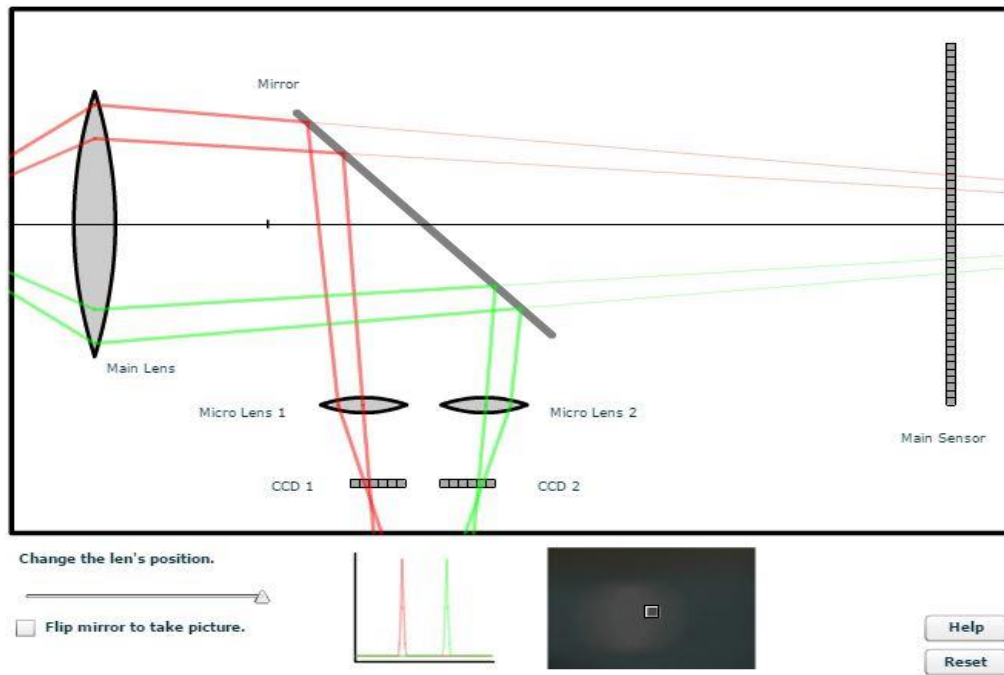


Slika 11: Točke autofokusa

(Izvor: <https://cdn.photographylife.com/wp-content/uploads/2011/01/Nikon-D5000-vs-D300s-AF-Points.jpg>)

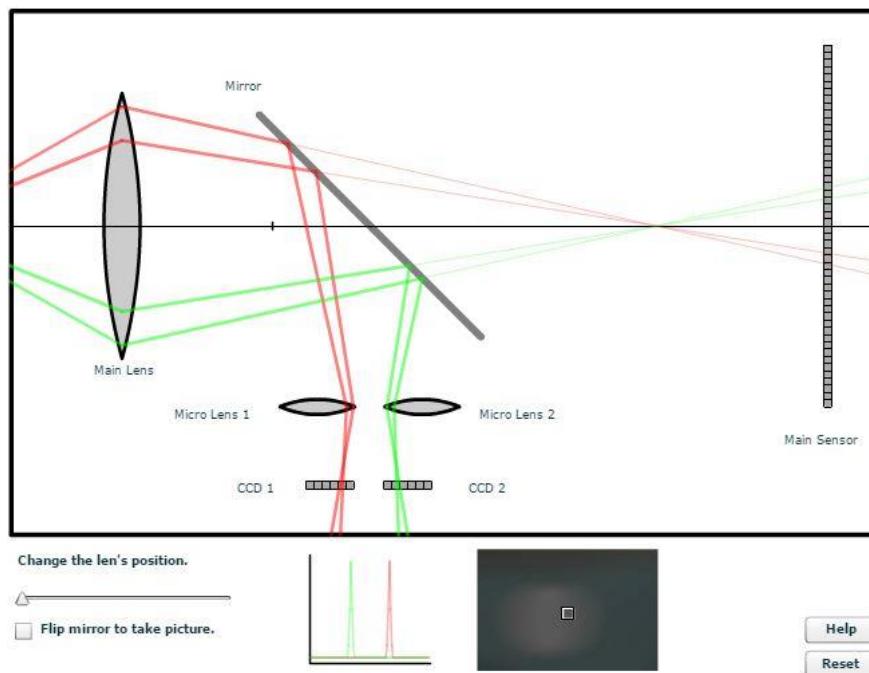
Kada svjetlost padne na CCD senzore ono se digitalno analizira koristeći mali ugrađeni procesor kako bi procijenio koliko je slika pomaknuta u odnosu na drugu. Postoji mnogo načina na koje procesor procjenjuje pomak. Nakon što je pomak poznat, sustav zna koliko daleko mora pomaknuti leću kako bi se dvije slike poklopile. Sustav može signalizirati leći točnu poziciju u kojoj treba biti bez da ponovno mjeri pomak i bez da leća „lovi fokus“. U praksi se obično leća pomakne blizu pozicije u kojoj je slika fokusirana te onda radi dodatne mjere kako bi poboljšala tu poziciju. Sposobnost da se leća pomakne direktno u fokus bez lovljenja fokusa čini metodu detekcije faze vrlo brzom autofokus metodom, čak bržom od metode detekcije kontrasta. Nažalost, ova metoda može biti korištena samo kada je reflektivno zrcalo spuštено, što znači da u live view mode-u ne možemo imati fokus pomoću detekcije faze upravo zbog toga što je zrcalo podignuto te svjetlost pada direktno na senzor. U ovom mode-u kamera ne fokusira uopće, ili koristi takozvanu detekciju kontrasta. [8]

Na slikama dolje prikazane su 3 situacije. Prva situacija je kada je staklo predaleko od senzora, što nam daje sliku izvan fokusa (Slika 12). U drugoj slici (Slika 13) imamo sličnu situaciju, samo je ovaj put leća preblizu senzoru. U trećoj situaciji leća je u idealnoj poziciji te je slika u fokusu (Slika 14). Na idućoj, četvrtoj slici ispod je prikazano kako zrake svjetlosti padaju na senzor, kada je slika u fokusu (Slika 15).



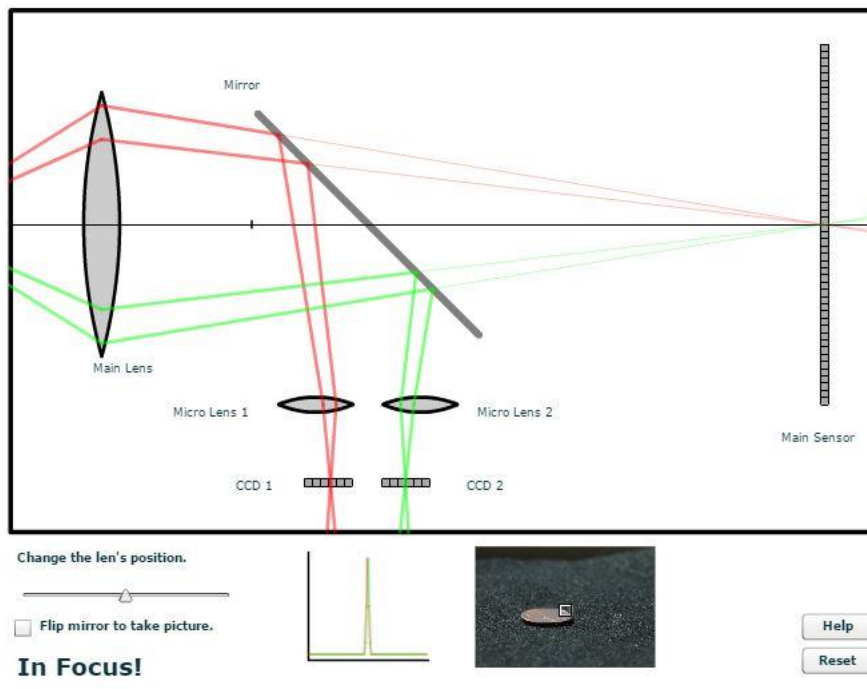
Slika 12: Leća je predaleko od senzora(Izvor:

<http://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/autofocusPD.html>)

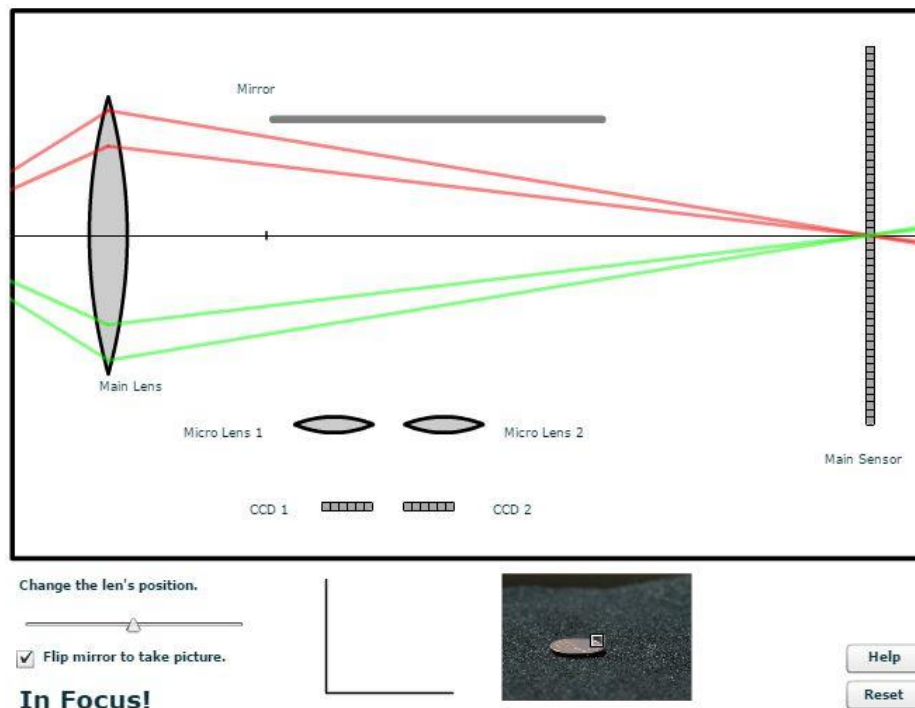


Slika 13: Leća se nalazi preblizu senzora (Izvor:

<http://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/autofocusPD.html>)



Slika 14: Leća je na pravom mjestu te je slika u fokusu (Izvor: <http://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/autofocusPD.html>)



Slika 15: Leća je na pravom mjestu, slika je u fokusu te je zrcalo podignuto, što znači da svjetlost pada na senzor i kreira se fotografija (Izvor: <http://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/autofocusPD.html>)

Metoda detekcije faze primjenjuje se kod izoštravanja pomoću tražila (viewfindera) dok se kod izoštravanja pomoću LCD ekrana koristi detekcija kontrasta.

2.4.2.2 Detekcija kontrasta

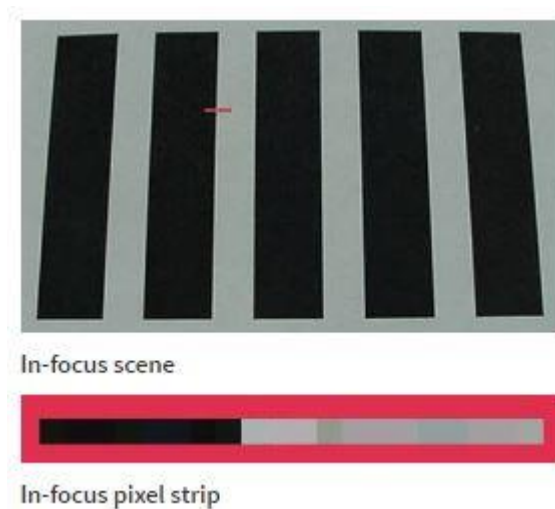
Detekcija kontrasta je druga metoda pasivnog autofokusa koju fotoaparat koristi kako bi odredio gdje leća mora stajati kako bi fotografija bila fokusirana. Ova metoda se najčešće koristi u „point and shoot“ kamerama te u nekim kamerama mobilnih uređaja. Detekcija kontrasta u DSLR fotoaparatima se koristi kada je aktivan takozvani „Live view“ mode, odnosno kada sliku ne gledamo preko tražila nego preko LCD ekrana. U ovom mode-u refleksno zrcalo je podignuto, a zbog toga se svjetlost ne može reflektirati do senzora koji fokusiraju pomoću detekcije faze. Dakle, jedini senzor koji nam može pomoći pri fokusu je glavni senzor te zbog toga moramo koristiti detekciju kontrasta.

Put zrake svjetlosti mnogo je jednostavniji nego kod detekcije faze. Ovdje nemamo polusrebrno zrcalo, nemamo mikroleće niti CCD čip sa senzorima. Umjesto toga, slika koja pada na glavni senzor se odmah analizira kako bi se utvrdilo je li slika dobro fokusirana ili nije. Proces autofokusa je jednostavan. Pomicanjem leće naprijed ili natrag, zrake svjetlosti se sakupljaju bliže ili dalje senzoru. Mikroprocesor u kameri traži razlike među susjednim pikselima u intenzitetu. Ako je slika van fokusa (Slika 16), susjedni pikseli imaju vrlo sličan intenzitet. Mikroprocesor tada pomiče leću, opet gleda piksele te promatra razliku kako bi vidio je li se kontrast poboljšao ili pogoršao. Mikroprocesor traži točku gdje je razlika među pikselima najveća. To je točka najboljeg fokusa (Slika 17).



Slika 16: Nefokusirana slika i intenziteti piksela u jednom dijelu slike:

(Izvor: <http://electronics.howstuffworks.com/autofocus3.htm>)



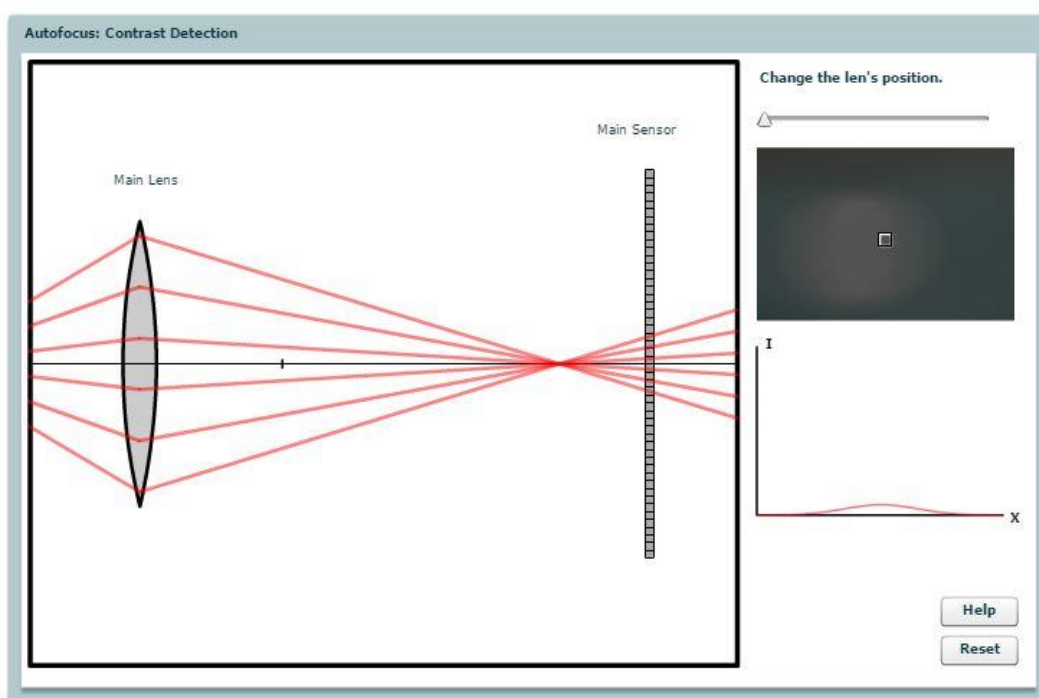
Slika 17: Fokusirana slika i intenziteti piksela u jednom dijelu slike:

(Izvor: <http://electronics.howstuffworks.com/autofocus3.htm>)

Kako bismo mogli koristiti detekciju kontrasta, u slici moramo imati kontrast. Npr., ako probamo fotografirati bijeli zid ili neki objekt koji je cijeli obojan istom bojom, kamera ne može uspoređivati susjedne piksele, a samim time ne može ni fokusirati. Pasivni autofokus sustavi uglavnom

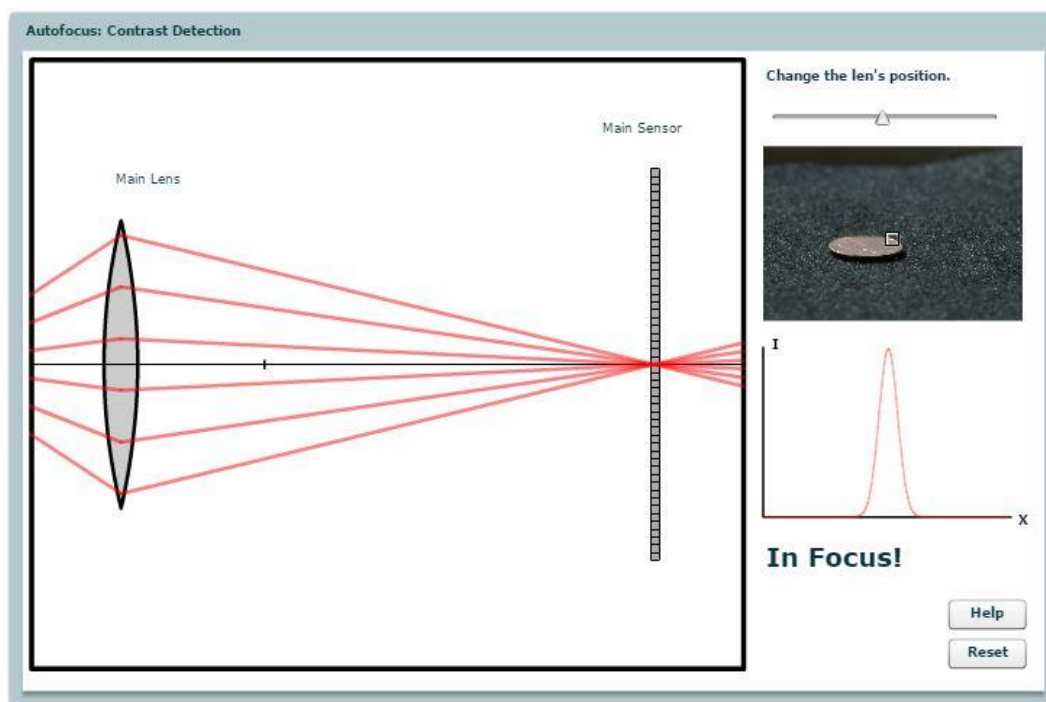
reagiraju na vertikalne detalje, no u današnje vrijeme razvijena je tehnologija u kojoj su kombinirani vertikalni i horizontalni senzori kako bi fokusiranje bilo pospješeno. Te kombinacije zovu se *cross-type* točke, o čemu ćemo u jednom od idućih poglavlja.

U sljedećim slikama prikazane su situacije gdje je subjekt izvan fokusa (Slika 18) te gdje je subjekt u fokusu (Slika 19). Također možemo vidjeti da je na slici 18 maksimum manji nego na slici 19, što nam govori kako su zrake svjetlosti više skupljene u jednu točku što znači da je fokus precizniji.



Slika 18: Subjekt nije oštar (Izvor:

<https://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/autofocusCD.html>)



Slika 19: Subjekt je oštar (Izvor:

<https://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/autofocusCD.html>)

2.4.2.3 Hibridni sustavi

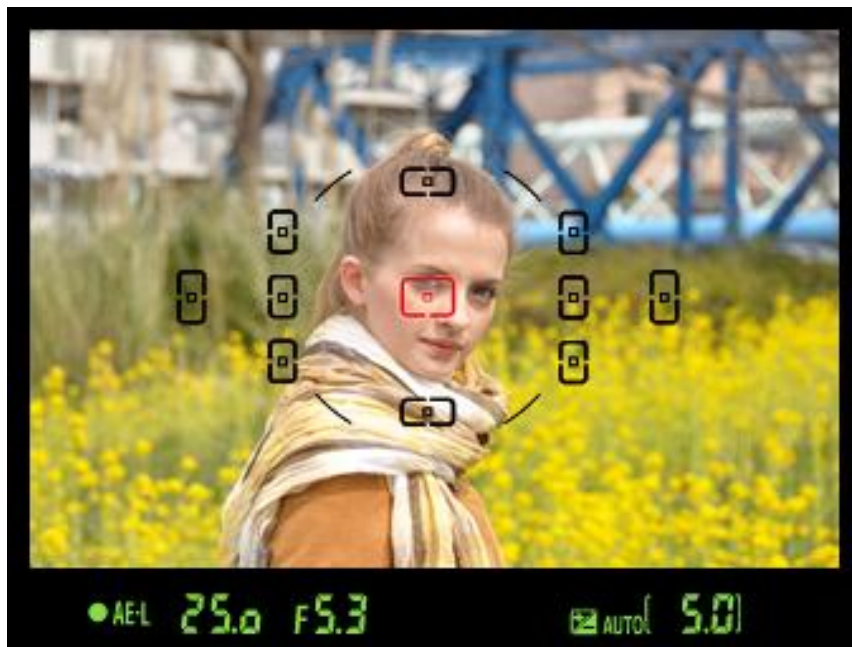
Hibridni sustavi su sustavi koji koriste obje metode autofokusa – detekciju kontrasta i detekciju faze. Sustav funkcionira tako da detekcija faze „podupire“ detekciju kontrasta i obratno. Naime, detekcija faze ima prednost nad detekcijom kontrasta što se tiče brzine, no inferioran je što se tiče preciznosti.

Detekcija faze je brža iz razloga što ona zna prema kojoj strani pomicati zrcalo da se dobije najbolji fokus, dok kod detekcije kontrasta imamo takozvani „focus hunting“ što znači da se staklo pomiče oko najoštrije točke naprijed-natrag sve dok ne bude u savršenom fokusu.

Hibridni autofokus kombinira obje metode tako da koristi metodu detekcije faze kako bi došao u najbližu moguću oštru točku, a zatim koristi detekciju kontrasta kako bi dodatno poboljšao poziciju leće te dodatno pooštrio sliku. Ovaj sustav autofokusa se koristi za takozvane mirrorless kamere. Omogućio je veliku brzinu izoštravanja koje je izuzetno precizno.

2.4.3 Točke izoštravanja u fotoaparatu

Kada gledamo kroz tražilo fotoaparata ili pak u LCD ekran fotoaparata, možemo primjetiti točke ili kvadratiće od kojih svaki reprezentira jedno područje na koje fotoaparat može izoštriti. Kada pritisnemo zatvarač do pola, možemo vidjeti da neke od tih točaka zasvijetle (pocrvene), što znači da je sve što se nalazi u toj točki u savršenom fokusu. Točke možemo manualno selektirati, tako da selektiramo jednu točku – najčešće centralnu točku (Slika 20); više točki koje čine jednu grupu ili sve točke izoštravanja. Ovisno o tome što fotografiramo, koristit ćemo jednu ili više točki.

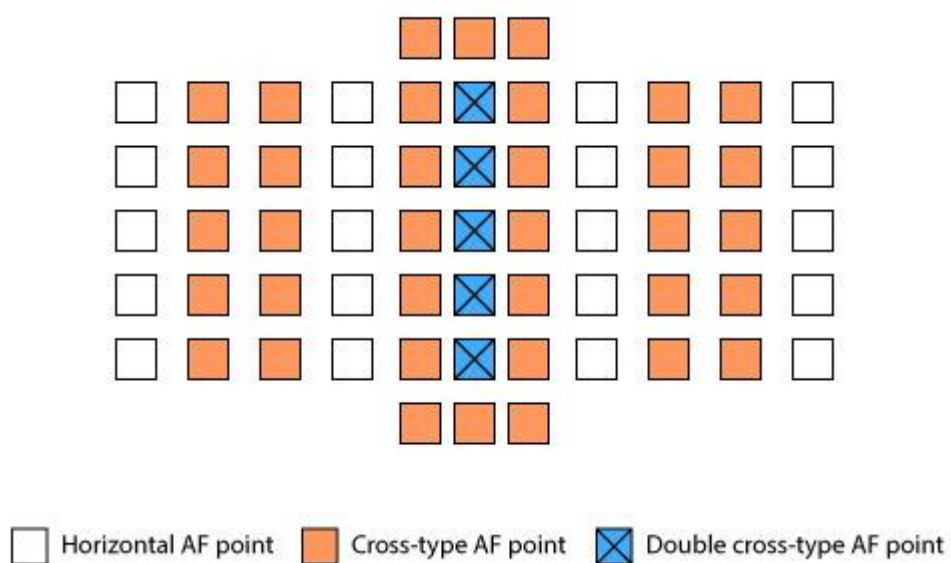


Slika 20: Označena jedna točka i subjekt u fokusu

(Izvor: http://imgsv.imaging.nikon.com/lineup/dslr/basics/16/img/1602_01.jpg)

Točke po svojim svojstvima nisu sve jednake. Postoje takozvane vertikalne i horizontalne točke izoštravanja te cross-type točke koje su kombinacija horizontalnih i vertikalnih točki izoštravanja. Horizontalne točke izoštravanja koriste se kod vertikalnih linija, dok se vertikalne točke izoštravanja koriste kod izoštravanja horizontalnih linija. Ako bismo koristili horizontalne točke

izoštavanja za horizontalne linije te ako bismo koristili vertikalne točke izoštavanja za izoštavanje vertikalnih linija, sustav detekcije faze ne bi nikako mogao pogoditi gdje treba fokusirati. Kako bi doskočili tome problemu, proizvođači su osmislili takozvane cross-type (križne) točke izoštavanja, koje djeluju i na horizontalne i na vertikalne linije, što eliminira mogućnost pogreške fokusiranja kod takvih subjekata. Kako bi još dodatno poboljšali sustav autofokusa, proizvođači su osmislili takozvane duple križne autofokus točke koje su još bolje po pitanju „pogađanja“ fokusa (Slika 21). [13]



Slika 21: Podjela točki izoštavanja u senzoru fotoaparata

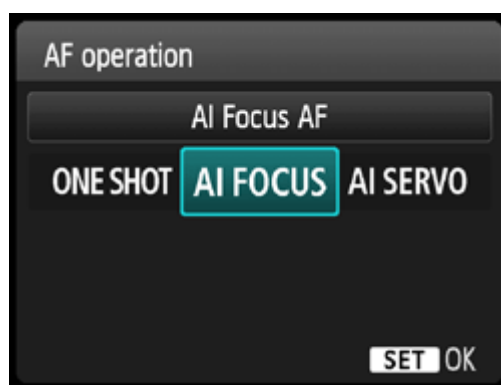
(Izvor: <https://2.img-dpreview.com/files/w/TS560x560?url=http%3A%2F%2Fs7.directupload.net%2Fimages%2F140915%2Fzlrhj26.jpg&signature=UhiZzmaf8oHdDSr1iiW%2FNYx085Q%3D>)

Ako fotoaparatu ne mijenjamo postavke odabiranja točki ili sami ne odabiremo točke fokusa, on će sam odabirati točke za koje misli da trebaju biti u fokusu te će njih fokusirati. Ponekad je taj sustav dobar, no u većini slučajeva zbunjuje fokus te je zbog toga bolje koristiti manualnu selekciju točki i to najčešće centralnu točku jer je za nju najveća šansa da je najpreciznija i da je cross-type

točka, dok okolne točke kod većine fotoaparata nisu cross-type već su horizontalne ili vertikalne točke izoštravanja.

2.5 METODE AUTOMATSKOG NAČINA IZOŠTRAVANJA

Većina današnjih fotoaparata koristi 3 metode pomoću kojih možemo izoštravati naš subjekt. Odabir mode-a ovisi o poziciji u kojoj se nalazimo te o kretanju subjekta. Ovisno o tome je li subjekt statičan, kreće li se konstantno ili se pak kreće u intervalima, koristimo metode zvane „One Shot AF, AI Servo ili AI focus“. Koju metodu želimo koristiti možemo odabrati u meniju fotoaparata (Slika 22)



Slika 22: Meni fotoaparata za odabir metode autofokusa

(Izvor:

<https://support.usa.canon.com/library/attachments/CanonUSA/TroubleshootingContents/Images/Global/G0178976.gif>)

2.5.1 One Shot AF

Ovo je najkorištenija metoda i standardna postavka na fotoaparatu. Kada pritisnemo okidač do pola (ili koristimo AF-ON tipku) kamera namješta oštrinu i drži poziciju autofokusa sve dok ne pustimo okidač ili dok ne zabilježimo fotografiju. Ako fotografiramo subjekt koji stoji na mjestu i ne miče se, ovo je metoda koju ćemo koristiti.

2.5.2. AI servo

Ovu metodu koristit ćemo kada želimo fokusom pratiti subjekt koji želimo da bude fokusiran, a on se kreće kroz kadar cijelo vrijeme. Ova metoda konstantno pomiče prednji element kojim izoštravamo kako bi subjekt cijelo vrijeme bio oštar. Ovo u praksi znači da bi mogli imati osobu koja trči prema nama te da bi mogli cijelo vrijeme fotografirati tu osobu a da ona bude oštra. Ova metoda autofokusa vrlo je korisna za sportsku fotografiju gdje imamo brze pokrete ljudi kojih fotografiramo.

AI fokus metoda je koja kombinira AI servo i One shot. Odabirom ove metode autofokus radi tako da „zaključava“ fokus ako subjekt stoji te ga prati ako se subjekt kreće. [12]

2.6. PROBLEMI I MANE AUTOMATSKOG I RUČNOG IZOŠTRAVANJA

Čak i s novom modernom tehnologijom, automatsko izoštravanje nailazi na probleme, no oni su puno manji u odnosu od prije nekoliko godina kad automatsko izoštravanje nije bilo toliko razvijeno. Danas se ti problemi uglavnom događaju na jeftinijim fotoaparatima, a najviše se manifestiraju kod manjka svjetlosti ili kod brzog kretanja subjekta dok je na skupljim, profesionalnim verzijama tehnologija autofokusa dovedena gotovo do savršenstva pa tako danas imamo profesionalne fotoaparate koji mogu izoštravati u vrlo niskim svjetlosnim uvjetima,

mogu izoštravati predmete koji se jako brzo kreću (AI Servo) te imaju vrlo brzo i precizno izoštravanje.

2.6.1. Nedostatci ručnog (manualnog) izoštravanja

Ovisno o situaciji u kojoj se nalazimo, koristit ćemo ručno ili automatsko izoštravanje, no nisu sve situacije pogodne za jedan ili drugi tip izoštravanja. Ručno izoštravanje je često puta dosta neprecizno i lošije nego automatsko, pogotovo pri velikim otvorima blende jer ovdje imamo ljudski faktor. Čovjek gleda sliku kroz tražilo i onda procjenjuje je li ta slika oštra ili nije te pomiće staklo unutar objektiva zakretanjem prstena objektiva. Ova metoda otvara veliki prostor za grešku, čak i ako je subjekt statičan. Druga situacija gdje je ručno izoštravanje loše je kad imamo subjekte koji se miču u svim smjerovima i ako trebamo fotografirati više fotografija u kratkom vremenu. Vrlo je velika vjerojatnost da nam neće sve fotografije biti oštre kao što bi trebale.

2.6.2. Prednosti manualnog izoštravanja nad automatskim

Neki slučajevi gdje bi nam ručno izoštravanje bilo efikasnije od automatskog su:

- 1) Makro fotografija – kada fotografiramo makro fotografije gotovo uvijek koristimo ručni fokus. Pošto imamo malu dubinsku oštrinu, trebamo vrlo precizno odrediti gdje će nam biti fokus. Često puta nam kamera neće fokusirati na točku koju mi želimo, pa ćemo se u tom slučaju osloniti na naš vid te sami fokusirati subjekt.
- 2) Loši svjetlosni uvjeti – ponekad fotografiranje u niskim svjetlostnim uvjetima može biti težak zadatak za pojedine fotoaparate. Ako se kamera muči s hvatanjem fokusa, (dolazi do takozvanog „focus huntinga“), to znači da se staklo u leći pomiće od početka do kraja i natrag više puta, jer ne može raspoznati fokusiran objekt od nefokusiranog. Često puta u ovoj situaciji koristimo ručni fokus jer možemo namjestiti fokus puno brže nego sam

fotoaparata. Treba napomenuti da se razvojem fotoaparata i ovaj segment sve više isključuje te su neki fotoaparati u mogućnosti fokusirati scenu osvijetljenu samo svijećom ili mjesecom.

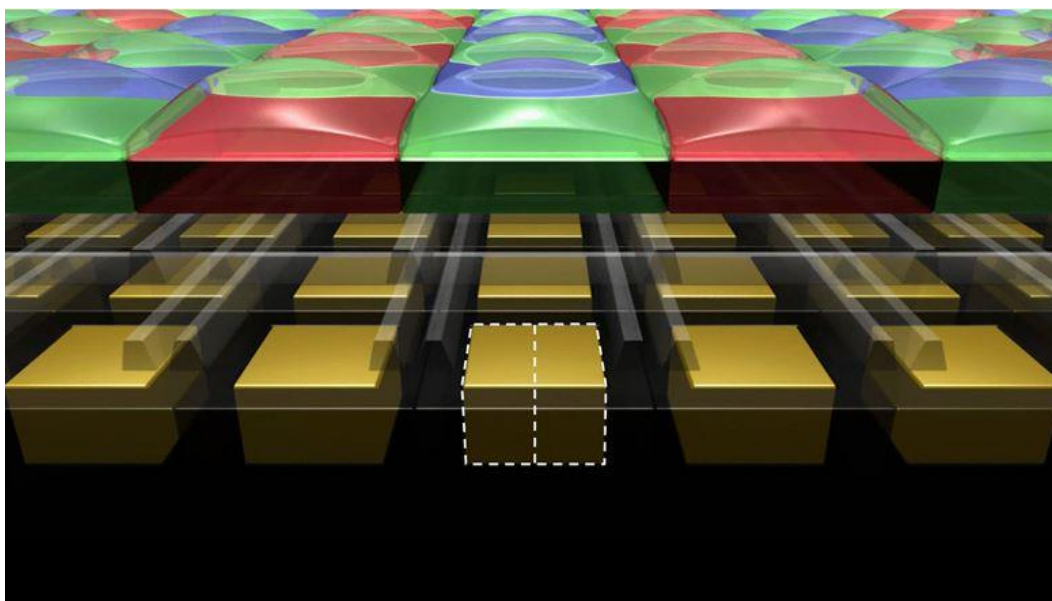
- 3) Portreti – kada fotografiramo portrete, fokus nam treba biti vrlo precizan. U ovoj vrsti fotografije oči trebaju biti savršeno fokusirane, no fotoaparati to ne znaju i zato će uvijek odabrati fokusirati nešto što je kontrastnije ili svjetlije od samog oka kao što su npr. usne, vrh nosa ili trepavice. Tada prebacujemo na ručni fokus kako bismo sami fokusirali na oči modela. Treba napomenuti da je ova tehnika najefikasnija uz dodatak stativa. Također treba napomenuti da se model ne smije pomicati ni naprijed ni natrag, pogotovo ako koristimo veliki otvor blende koji daje malu dubinsku oštrinu.
- 4) Fotografiranje kroz staklo ili ogradu – fotoaparati se ponekad „zbune“ te ne znaju gdje fokusirati. Ponekad fokusiraju na staklo ili ogradu ispred subjekta (često puta se događa u ZOO-u ili u fotografiranju panorame kroz prozor aviona). Ovdje možemo uključiti ručni fokus kako bismo izbjegli ove greške te dobili savršeno oštru fotografiju.
- 5) Pejzaž – ponekad koristimo razne tehnike spajanja fotografija u pejzažnoj fotografiji kao što su *focus stacking* ili HDR fotografija. U tom slučaju želimo imati potpunu kontrolu nad fokusom te sami želimo odrediti koji dio fotografije želimo da nam je u fokusu, a koji ne.
- 6) Akcijska fotografija – fotografiranje subjekta koji se brzo kreće (kao što su trkači automobili, bicikli, životinje, itd.) može biti zahtjevno za fotoaparat i automatski fokus. Noviji profesionalni fotoaparati imaju dobar sustav praćenja fokusa, no ako radimo sa starijim modelima, ponekad ćemo biti primorani koristiti ručni fokus jer automatski fokus jednostavno neće dobro pratiti subjekt zbog njegove velike brzine. [10]

2.7 NOVE TEHNOLOGIJE IZOŠTRAVANJA

Budući da se fotoaparati brzo razvijaju zahvaljujući digitalnim tehnologijama i novim inovacijama na području informatike, mehanike i optike, s time se razvijaju i tehnologije autofokusa. Naime, iz godine u godinu proizvođači fotoaparata, mobitela, video kamera i sličnog predstavljaju nova otkrića, a među njima se nalaze i otkrića vezana uz sustav automatskog izoštravanja fotoaparata, kao i nova softverska rješenja koja nam omogućuju da precizno podesimo autofokus te ga čak u postprodukciji pomaknemo za određenu mjeru kako bismo subjekt koji možda nismo dobro fokusirali doveli u fokus.

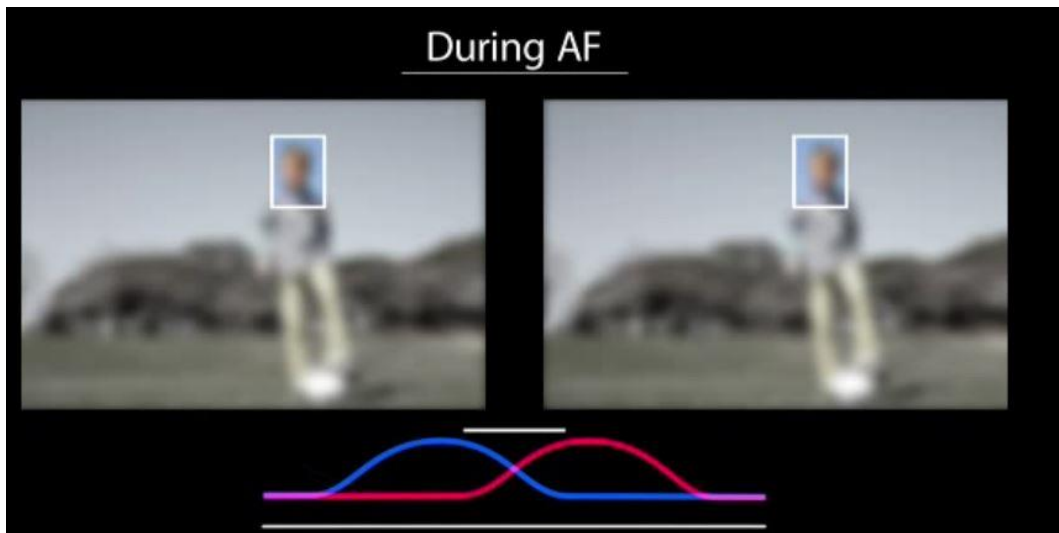
2.7.1. Dual Pixel autofokus

Dual Pixel autofokus jedna je od novih tehnologija koju je razvila tvrtka Canon 2013. godine. Tehnologija funkcionira tako da se u senzoru fotoaparata iza ukupno 80% površine piksela iza svakog pojedinog piksela nalaze dvije fotodiode od kojih svaka za sebe može detektirati svjetlost (Slika 23).



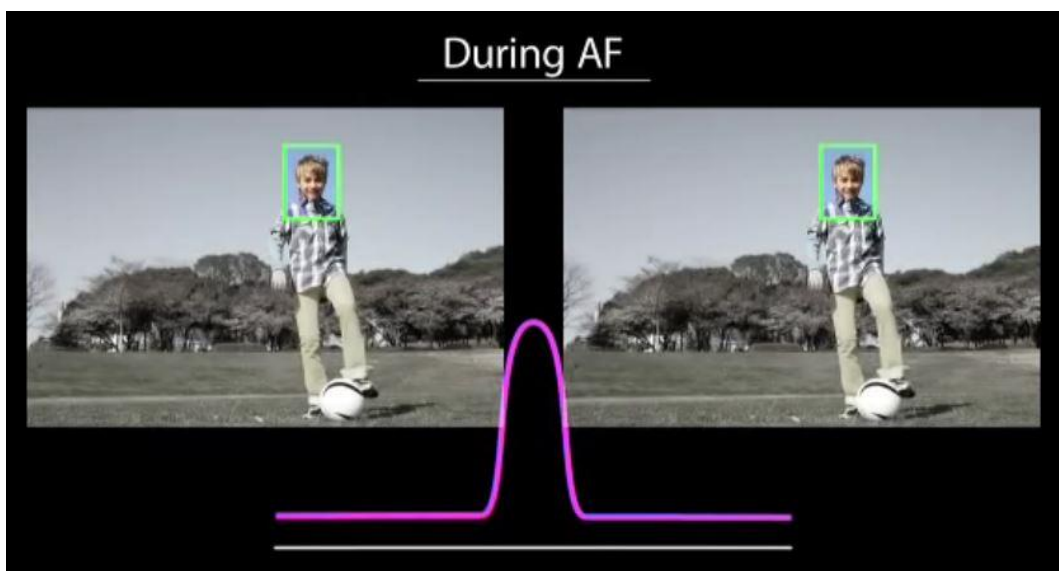
Slika 23: Fotodiode kod Dual Pixel AF tehnologije (Izvor: http://cpn.canon-europe.com/content/education/technical/eos_70d_technology.do)

Nakon što svaka od pojedinih fotodioda registrira svjetlost, impuls svjetlosti koji pada na diodu pretvara se u zasebni signal od kojih svaki od tih zasebnih signala tvori po jedan maksimum kojeg koristi sustav detekcije faze. Tijekom fotografiranja fotodiode izlažu signal u obliku jednog piksela. Razlika između dva signala koji se manifestira kao količina blura na subjektu (Slika 24) se računa te sustav šalje naredbu objektivu da pomakne staklo za određenu daljinu kako bi količina blura na subjektu bila 0 (Slika 25).[14]



Slika 24: Signali se ne poklapaju te je slika neoštra. (Izvor: Screenshot iz:

<https://www.youtube.com/watch?v=lgqB6VlslBY>)



Slika 25: Signali (faze) se poklapaju te je slika u fokusu

(Izvor: Screenshot iz: <https://www.youtube.com/watch?v=lgqB6VlslBY>)

Ova tehnologija omogućava izoštravanje preciznije i brže od izoštravanja pomoću detekcije kontrasta. Također pogoduje videosnimanju jer fokus može pratiti subjekt koji hoda kroz kadar. Iako je ovo relativno mlad izum, već radi bez greške, no još uvijek ima mjesta za napredak te se očekuju nove verzije fotoaparata sa poboljšanim Dual Pixel autofokus sustavom. [15]

2.7.2. Mikrofokus podešavanje (Microfocus adjustments)

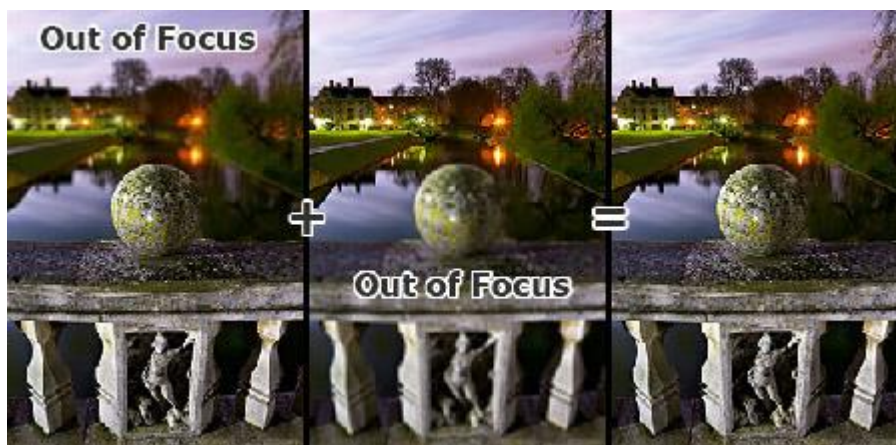
Podešavanje fokusa jedna je od najnovijih mogućnosti fotoparata. Ono omogućava kalibriranje objektiva preko fotoaparata ili pak preko računalnog programa (Slika 26). Ovu tehnologiju koristit ćemo kada pojedina leća ne izoštrava precizno subjekt na pojedinim udaljenostima kako bi podesili leću te popravili neprecizno izoštravanje.



Slika 26: Fino podešavanje automatskog izoštravanja kod Sigminih objektiva preko računalnog programa (Izvor: <http://www.photographybay.com/wp-content/uploads/2013/12/Sigma-Optimization-Pro-Focus-Adjustment-Menu-640x429.jpg>)

2.7.3 Slaganje slika različitog fokusa u jednu sliku (Focus stacking)

Kod nekih vrsta fotografije kao što je makro fotografija često puta ne možemo cijeli subjekt imati oštar već samo dio zbog male dubinske oštine, jer nam to ne omogućavaju tehničke stvari kod fotografiranja. Ako pak želimo da je cijeli subjekt oštar te povećati dubinsku oštrinu, koristit ćemo takozvanu metodu focus stackinga koristeći jedan od raznih programa za obradu fotografija. Focus stacking funkcionira tako da koristeći ručni fokus fotografiramo više fotografija istog subjekta sa fokusom različitim na pojedinom dijelu tog subjekta. Te fotografije onda otvaramo u programu za obradu fotografija te ih spajamo u jednu fotografiju pomoću složenih računalnih algoritama. To nam omogućava da cijeli subjekt bude oštar na svim dijelovima (veća dubinska oština) (Slika 27).



Slika 27: Spajanje više fotografija radi dobivanje veće dubinske oštine (Izvor: http://cdn.cambridgeincolour.com/images/tutorials/new_depth-of-field.jpg)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MJERENJE BRZINE IZOŠTRAVANJA KOD RAZLIČITIH KOMBINACIJA TIJELA I OBJEKTIVA

Cilj ovog eksperimenta bio je utvrditi brzinu izoštravanja kod različitih fotoaparata te usporediti rezultate i na temelju rezultata donijeti zaključak o tome kako pojedino tijelo fotoaparata djeluje sa pojedinom lećom.

Kako bi pokus bio uspješan, bilo je potrebno kreirati jednake uvijete za sva mjerenja, što znači da nema pomicanja u kompoziciji, nema promjene u svjetlosti, oba fotoaparata koja smo koristili su bili jednako udaljeni od subjekta u svim mjerenjima. Za mjerenja smo koristili fotoaparat Canon 80D, fotoaparat Canon 600D, objektiv Sigma 18-35mm f/1.8 ART te objektiv Canon 50mm f/1.8 II.

Mjerenja smo provodili tako da smo Canon 80D u kombinaciji sa objektivom Sigma 18-35mm postavili na stativ (Slika 28). Razmak između senzora fotoaparata i subjekta bio je 42 centimetra, te smo taj razmak uzeli za sve kombinacije fotoaparata i objektiva. Postavke oba fotoaparata smo stavili na F/2.8, ISO 1600 te 1/25 brzine zatvarača. Kompenzacije nije bilo (EV=0).

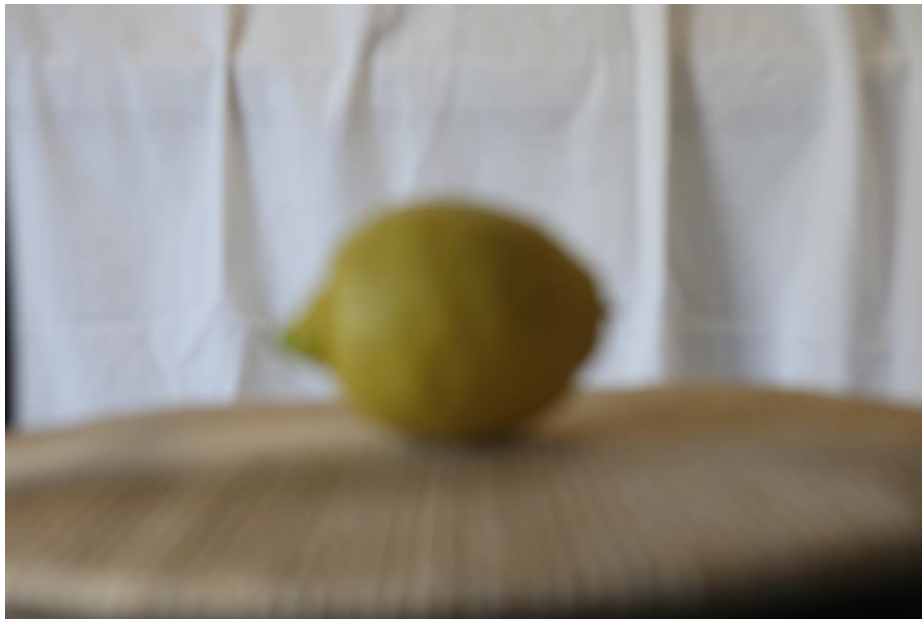


Slika 28: Postavljen subjekt i fotoaparat spreman za pokus

Važno je napomenuti da mjerenja možda odstupaju od stvarnih vrijednosti, a to je moguće radi više faktora: ljudska greška- ako krivo brojimo sličice, ne pritisnemo zatvarač u pravo vrijeme ili pak krivo izračunamo vrijeme izoštravanja. Kada smo namjestili postavke, fokus smo stavili na beskonačnost (slika 29) te pritisnuli zatvarač do pola kako bi fotoaparat izoštrio sliku (slika 30). Cijeli proces smo snimali fotoaparatom Canon 600D u HD kvaliteti sa 50 FPS-a. Kasnije smo video u kojemu su sva mjerenja učitani u program za obradu videa te smo brojali sličice od početka do kraja svakog mjerenja. Broj sličica koji je prošao tijekom svakog pojedinog izoštravanja pomnožili smo sa 0.02 te smo tako dobili vrijeme za koje je pojedina kombinacija tijela i objektiva izoštrila subjekt. Time smo dobili vrlo precizne rezultate iskazane u tablici:

Vrijeme izoštravanja (s)	80D+18-35mm na 35mm	80D+50mm	600D+18-35mm na 35mm	600D+50mm
	1,38	1,72	2,18	2,88
	1,32	1,84	2,24	2,82
	1,42	1,86	2,20	2,86
	1,32	1,80	2,18	2,84
	1,38	1,80	2,26	2,82
	1,36	1,82	2,28	2,80
	1,32	1,84	2,20	2,78
	1,34	1,82	2,20	2,80
	1,32	1,86	2,22	2,88
	1,32	1,82	2,24	2,86
Srednja vrijednost	1,348	1,818	2,22	2,834

Tablica 1: Prikaz brzina izoštravanja različitih tijela i objektiva pod istim uvjetima



Slika 29: Fotografija van fokusa (fokus namješten na beskonačnost)



Slika 30: Fotografija u fokusu

Rezultati koje smo dobili mjerenjima su u skladu s očekivanjima jer je kombinacija fotoaparata 80D+Sigma 18-35mm najmodernija te spaja dva vrhunska komada opreme. Nešto lošije rezultate daje Canon 80D u kombinaciji sa jeftinijim objektivom (50mm f/1.8), još nešto lošije daje Canon 600D sa Sigminim objektivom 18-35mm dok je najgore rezultate dao fotoaparat Canon 600D sa 50mm

f/1.8 objektivom. Iz rezultata vidimo da je najskuplja i najnovija kombinacija ujedno i ona koja najbrže izoštrava subjekt. Kombinacija fotoaparata Canon 80D i Sigminog 18-35mm objektiva na tržištu košta oko 1900€, kombinacija fotoaparata 80D i Canonovog 50mm f/1.8 objektiva košta 1200€, kombinacija fotoaparata 600D i Sigminog 18-35mm objektiva košta 1300€, dok kombinacija fotoaparata 600D i Canonovog 50mm f/1.8 objektiva košta 600€. (Cijene su preuzete za B&H Photo & Video te možda variraju ovisno o prodajnom mjestu te se mijenjaju s vremenom).

Naravno, cijena je formirana prema mnogim faktorima osim brzine automatskog izoštravanja, no ovaj bi se faktor svakako trebao razmotriti prilikom kupnje fotoaparata, pogotovo ako će taj fotoaparat biti korišten u profesionalnoj fotografiji.

4. ZAKLJUČAK

Nakon što smo analizirali, pojasnili i obradili sve metode izoštravanja kod DSLR fotoaparata te proveli mjerenja brzine izoštravanja fotoaparata, zaključak je sljedeći: izoštravanje je jedna od najbitnijih karakteristika današnjih fotoaparata. Automatsko izoštravanje otvara prostor za kreativnost fotografa te uvelike pomaže fotografu odraditi posao kvalitetno i brzo.

Današnje metode automatskog izoštravanja koriste najsuvislije tehnologije, a fotoaparati nikad nisu bili jeftiniji. Skoro svaka osoba posjeduje barem jedan, ako ne i više fotoaparata koji se nalaze u mobilnim uređajima, laptopima, tabletima itd. Tehnologija automatskog izoštravanja ne samo da je bitna za DSLR fotoaparate nego i za sve gore navedene tehnologije. Bez izoštravanja ne bi imalo smisla posjedovati fotoaparat ili fotografirati, jer bi većina fotografija bila mutna (osim onih gdje je subjekt na točno određenoj udaljenosti od senzora).

Nove tehnologije automatskog izoštravanja omogućuju nam daljnji razvoj fotoaparata te daljnji napredak u raznim industrijama kao što su fotografija, film, robotika, te razne tehnološke znanosti koje koriste fotoaparate radi obilježavanja rezultata, dokumentacije i postupke provođenja mjerenja.

Za kraj, može se reći da će izoštravanje zasigurno biti od velike važnosti u budućnosti ne samo za fotoaparate i videokamere, nego za znanost općenito.

5. LITERATURA

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_single-lens_reflex_camera 15.5.2017.
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Autofocus> 15.5.2017.
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Camera_lens 15.5.2017.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Photographic_lens_design 16.5.2017
5. <https://digital-photography-school.com/prime-vs-zoom-lenses-which-are-best/> 16.5.2017
6. <https://www.bhphotovideo.com/explora/photography/tips-and-solutions/how-focus-works> 17.5.2017.
7. <http://www.digital-photo-secrets.com/tip/2210/understanding-focus/> 18.5.2017.
8. <https://www.dpreview.com/forums/thread/3001649> 18.5.2017.
9. https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasonic_motor 1.6.2017.
10. <https://digital-photography-school.com/5-situations-when-manual-focus-is-better-than-auto-focus/> 8.6.2017.
11. <http://electronics.howstuffworks.com/autofocus2.htm> 11.6.2017.
12. <https://digital-photography-school.com/one-shot-vs-ai-servo-when-to-use-each/> 11.6.2017.
13. <https://digital-photography-school.com/understanding-normal-and-cross-type-focusing-points/> 13.6.2017.
14. http://cpn.canon-europe.com/content/education/technical/eos_70d_technology.do 15.6.2017.
15. <http://canonbody.com/cpn-eos-c100-dual-pixel-af-upgrade/> 16.6.2017.